

# О ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ С ПОМОЩЬЮ АПК

**У.Д. Самратов** (ВНИИАС МПС России)

В 1962 г. окончил Омский сельскохозяйственный институт по специальности «инженерная геодезия». Работал на руководящих должностях в системе МСХ СССР, ГУГК СССР, с 1990 г. — в системе Госкомзема России (Росземкадастра). С 2005 г. работает во Всероссийском научно-исследовательском и проектно-конструкторском институте информатизации, автоматизации и связи (ВНИИАС) МПС России, в настоящее время — начальник отдела «Спутниковые технологии на железнодорожном транспорте». Кандидат технических наук. Лауреат премии им. Ф.Н. Красовского.

**Л.А. Сакович** (ВНИИАС МПС России)

В 1966 г. окончил факультет «Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство» Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ) со специализацией «проектирование железных дорог». С 1966 г. работал в ЦНИИС. С 1994 г. работает во ВНИИАС МПС России, в настоящее время — ведущий научный сотрудник.

**Д.Г. Кривдин** (Росжелдорпроект)

В 2006 г. окончил факультет «Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство» Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ) со специализацией «геодезия и геоинформатика». После окончания университета работал во ВНИИАС МПС России. С 2007 г. работает в ОАО «Росжелдорпроект», в настоящее время — ведущий инженер.

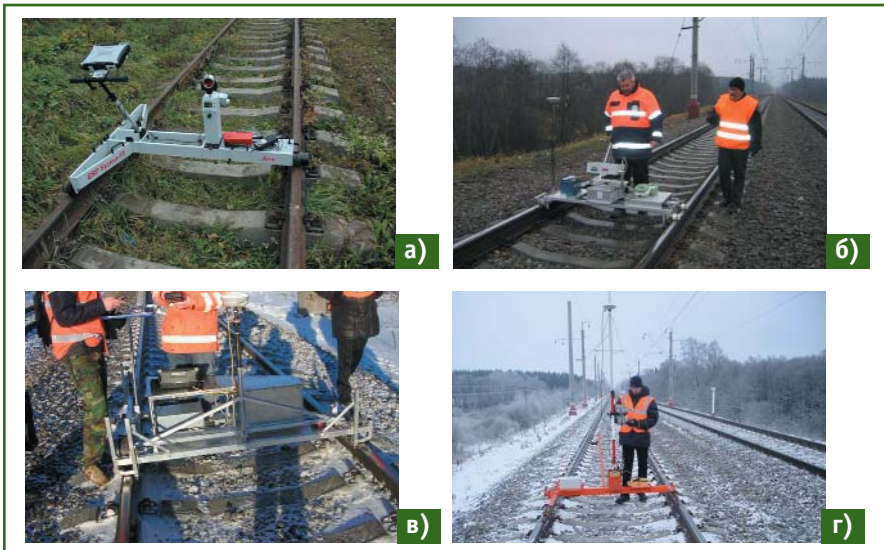
В настоящее время на железнодорожной магистрали Москва — Санкт-Петербург ведутся работы по подготовке инфраструктуры для движения высокоскоростных поездов со скоростью 250 км/ч и более. Одним из наиболее сложных вопросов является установка пути в плане и по высоте в проектное положение. Для этих целей вдоль железнодорожной магистрали создается специальная реперная система контроля состояния железнодорожного пути [1]. Однако имеется ряд обстоятельств, затрудняющих установку пути в проектное положение. В частности, отсутствует отработанная технология получения информации о фактическом плановом и высотном положении железнодорожного пути

для последующей работы путевых машин по методу фиксированных точек.

В последнее время для измерения фактического положения железнодорожного пути созданы автоматизированные путеизмерительные комплексы (АПК) или автоматизированные путеизмерительные тележки (АПТ) в следующих комплектациях: с высокоточным электронным тахеометром или со спутниковым приемником. АПК представляют собой тележку, перемещаемую по железнодорожному пути вручную, на которой установлено измерительное оборудование. Для оценки производительности измерений и точности определения фактического положения железнодорожного пути были выполнены

исследования следующих автоматизированных путеизмерительных тележек: Leica GRP 3000 System FX (Amberg Technologies AG, Швейцария), Tachy Rail (Geo-Metrik AG, Германия), Swiss Trolley (Terra Vermessungen AG, Швейцария) и АПК «Профиль» (Сибирский государственный университет путей сообщения, Новосибирск) (рис. 1). Причем при испытаниях первые три модели были оснащены электронным тахеометром и спутниковым приемником, а последняя — только спутниковым приемником.

Кроме измерений положения железнодорожного пути в плане и по высоте во всех АПТ имеется оборудование, позволяющее измерять ширину колеи, возвышение наружного рельса,



**Рис. 1**

*Автоматизированные путеизмерительные тележки:*

*а) Leica GRP 3000 System FX; б) Tachy Rail; в) Swiss Trolley; г) АПК «Профиль»*

перекосы, стрелы изгиба.

Испытания АПТ проводились в декабре 2006 г. на 593 километре железнодорожной магистрали Москва — Санкт-Петербург, на втором пути, в специально отведенные для этих целей «окна» в графике движения поездов. Участок железнодорожного пути, на котором проводились испытания, имел протяженность 900 м и включал круговую кривую радиусом 3000 м и длиной 692 м. Продольный профиль пути на этом участке имел уклоны до 3<sup>0</sup>/100. В этот период на втором пути проводился капитальный ремонт, в том числе и на участке испытаний АПТ. Верхнее строение железнодорожного пути после ремонта представляло собой рельсы Р65, крепления АРС-4, железобетонные шпалы и щебеночный балласт.

Вдоль первого и второго железнодорожного пути сотрудниками ФГУП «Аэрогеодезия» (Санкт-Петербург) была создана рабочая реперная сеть, в соответствии с техническими требованиями [1]. Причем на прямых участках пути рабочие реперы были установлены на каждой второй опоре контактной сети, а на кривых — на каждой

опоре (рис. 2). Значения координат и высот рабочих реперов использовались при определении пространственных координат мест установки электронного тахеометра.

При разработке проекта капитального ремонта второго пути, выполненного «Ленжелдорпроект» (Санкт-Петербург), проектное положение железнодорожного пути было привязано к рабочим реперам. В качестве параметров привязки использовались: горизонтальные расстояния по контрольному створу от рабочего репера до головок рельс, превышение между головками рельс, а также координаты точки пересечения оси железнодорожного пути с контрольным створом. Кроме того, были определены координаты характерных точек круговой и переходных кривых в пла-



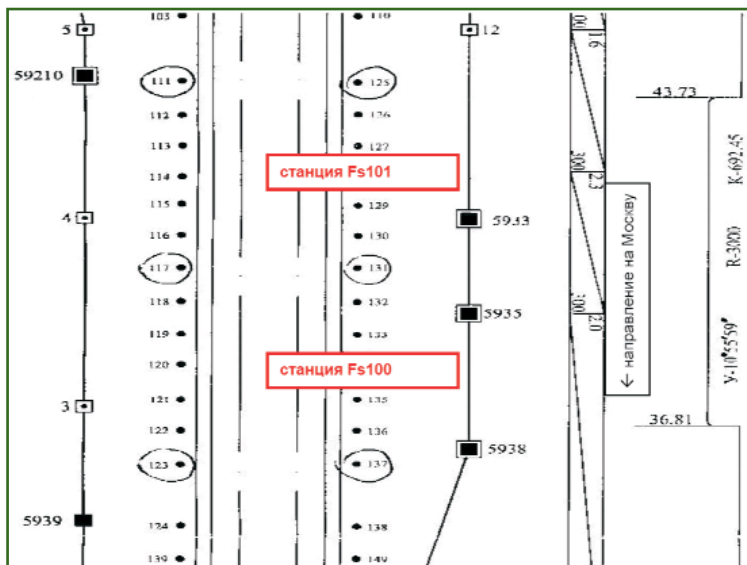
**Рис. 2**

*Общий вид рабочего репера*

не и высоты точек переломов продольного профиля.

Параметры привязки использовались для определения места установки электронного тахеометра при испытаниях и выбора рабочих реперов при определении пространственных координат тахеометра. На рис. 3 приведена схема расположения рабочих реперов относительно железнодорожного пути и места установки электронного тахеометра при испытаниях АПТ Swiss Trolley. Рабочие репера № 111, 125, 117, 131, 123 и 137 использовались для определения пространственных координат мест стоянки электронного тахеометра (Fs100 и Fs101). Следует отметить, что на рис. 3 показана нумерация рабочих реперов, принятая на время испытаний, которая отличается от маркировки, согласно техническим требованиям [1].

Последовательность измерения геометрических параметров железнодорожного пути с помощью АПТ, оснащенного электронным тахеометром, включала следующие операции. Электронный тахеометр устанавливался рядом с железнодорожным полотном, а отражатель — последовательно на выбранные рабочие реперы. Зрительная труба электронного тахеометра наводилась на отражатель, и выполнялись измерения. По результатам этих измерений и значениям координат и высот рабочих реперов определялись пространственные координаты точки стояния электронного тахеометра. После этого АПТ передвигалась по железнодорожному пути и останавливалась на каждой четвертой шпале (с интервалом не более 2,5 м). При каждой остановке зрительная труба электронного тахеометра наводилась на отражатель АПТ, и в течение 5–7 с определялись пространственные координаты положения отражателя. В такой последовательности выполня-



**Рис. 3**  
 Пример расположения рабочих реперов и мест установки электронного тахеометра при испытаниях АПТ Swiss Trolley

лись измерения на участке протяженностью 900 м. Затем электронный тахеометр перемещался на новое место установки вдоль контрольного участка, и измерения повторялись. Этот метод измерений, по аналогии со спутниковыми измерениями, называется «стой — иди» (Stop & Go). Он использовался при испытаниях АПТ Leica GRP 3000 System FX и Tachy Rail. При этом измерения выполнялись для обеих АПТ с помощью электронного тахеометра Leica TPS 1200.

При испытаниях АПТ Swiss Trolley использовался электронный тахеометр ATS600 (Trimble). Измерения выполнялись в кинематическом режиме. При этом, пространственное положение отражателя, расположенного на тележке, определялось электронным тахеометром во время движения АПТ, без остановок. Интервал измерения координат отражателя вдоль пути составлял 25–30 см.

Измерения с помощью всех АПТ проводились в прямом и обратном направлениях, длина участка движения отдельной тележки корректировалась в зависимости от размеров «окна», прохода поездов по соседнему пути, погодных и других усло-

вий на участке испытаний. Результаты оценки точности измерения пространственных координат отражателя для разных типов АПТ по разностям в координатах, измеренных туда и обратно, приведены в табл. 1.

Из данных табл. 1 следует, что при определении фактического положения железнодорожного пути в плане и по высоте, при движении АПТ прямо и обратно, расхождения находятся в пределах допусков на создание рабочей реперной сети. Сравнение фактического положения железнодорожного пути, определенного АПТ, с проектным значением выявило расхождение в отдельных местах до 5 см в плане и по высоте. Это происходит вследствие того, что проектное положение пути в плане

и по высоте, установленное проектным институтом, не являлось рабочим материалом для путевых машин при выправке пути. Как правило, путевые машины, оборудованные автоматизированными системами съемки, расчета и выправки пути, определяют фактическое положение пути, не совпадающее с проектным, и устанавливают железнодорожный путь в проектное положение.

Результаты испытаний свидетельствуют о возможности использования АПТ в комплектации с электронным тахеометром для определения фактического пространственного положения железнодорожного пути с точностью, не грубее установленной в технических требованиях [1]. Одновременно испытания показали, что до практического применения необходимо решить достаточно много вопросов, связанных с разногласиями в нормативных требованиях, методах проектирования, технологии работы путевых машин, трактовке применяемых терминов, понятий и многим другим.

На этом же экспериментальном участке были проведены испытания АПТ в комплектации со спутниковым приемником для определения фактического положения железнодорожного пути в плане и по высоте. Перемещение тележек, на которых устанавливался спутниковый приемник, выполнялось прямо и обратно, в том же режиме, что и при измерениях с электронным тахеометром. Результаты

**Результаты оценки точности определения пространственных координат отражателя АПТ Таблица 1 при комплектации электронным тахеометром**

Наименование АПТ	Средняя квадратическая погрешность измерения, мм	
	в плане	по высоте
Leica GRP 3000 System FX	3	8
Tachy Rail	3	3
Swiss Trolley	2	1



**Рис. 4**

**Размещение постоянно действующих спутниковых референчных станций:**  
 а) на здании дома связи Ленинградского вокзала; б) на ст. Подсолнечная;  
 в) на ст. Дмитров; г) на ст. Манихино

опытный образец сети ДГНСС из четырех постоянно действующих спутниковых референчных станций и сетевого центра (рис. 4 и 5).

В результате экспериментальных исследований автоматизированных путеизмерительных комплексов в комплектации со спутниковым приемником была выявлена принципиальная возможность повышения точности определения плановых координат и высот точек железнодорожного пути на основе данных, поступающих от станций ДГНСС, до уровня, приемлемого для использования этих данных при работе путевых машин по установке пути в проектное положение.

При этом выявился ряд вопросов, без проведения исследований по которым дальнейшее внедрение технологии будет затруднено. В частности, необходимо:

- повысить надежность средств связи между сетевым центром ДГНСС и спутниковым приемником АПТ;

оценки точности определения пространственных координат антенны спутникового приемника для разных типов АПТ по разностям в координатах, измеренных туда и обратно, приведены в табл. 2.

Стоит отметить высокую производительность измерений при использовании спутниковых приемников с АПТ (табл. 3). Полученные результаты очевидны, поскольку время, затрачиваемое на установку базового спутникового приемника (временной референчной станции), при использовании спутниковых приемников, значительно меньше, чем время, затрачиваемое на установку электронного тахеометра.

Как известно, результаты измерений спутниковым приемником при движении в режиме кинематики реального времени (RTK) недостаточно точны, чтобы на их основе проводить установку пути в проектное положение. Поэтому за рубежом пытаются повысить точность получаемых данных при измерениях в режиме RTK с помощью дифференциальных глобальных навигационных спутниковых систем (ДГНСС), основанных на сете-

вом принципе решения навигационных задач [2].

В 2006 г., по заданию ОАО «РЖД», ВНИИАС был реализован пилотный проект по применению спутниковых навигационных технологий на железнодорожном транспорте. Создан

**Результаты оценки точности определения пространственных координат антенны спутникового приемника АПТ** Таблица 2

Наименование АПТ	Средняя квадратическая погрешность измерения, мм	
	в плане	по высоте
Leica GRP 3000 System FX	12	12
Tachy Rail	12	6
Swiss Trolley	4	8
АПК «Профиль»	16	14

**Производительность разных типов АПТ при комплектации спутниковым приемником или электронным тахеометром** Таблица 3

Наименование АПТ	Производительность АПТ, м/ч	
	со спутниковым приемником	с электронным тахеометром
Leica GRP 3000 System FX	1700	400–450
Tachy Rail	1200	1200
Swiss Trolley	5000	3500
АПК «Профиль»	4000	нет данных



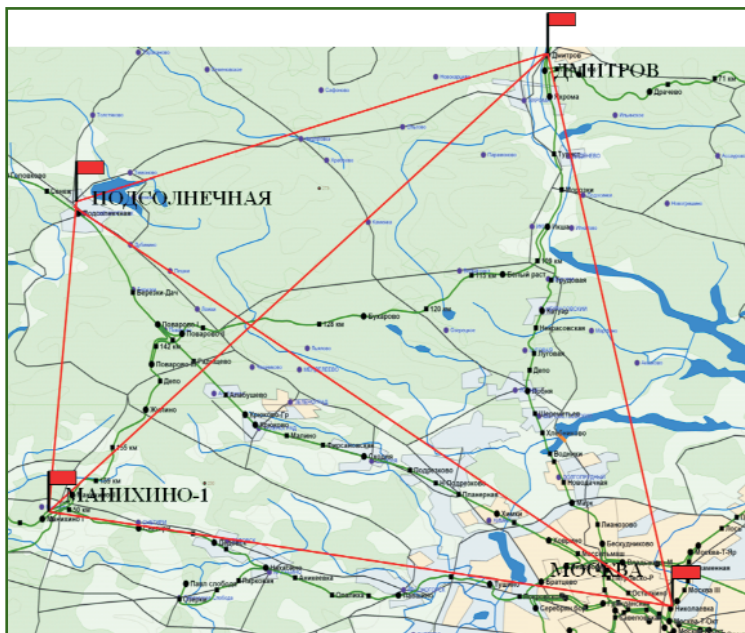


Рис. 5  
Схема размещения референционных станций

— разработать интерфейс передачи данных в путевую машину для установки железнодорожного пути в проектное поло-

жение;  
— обеспечить контроль положения железнодорожного пути в процессе проведения вы-

правочных работ и после их завершения.

▼ Список литературы

1. Специальная реперная система контроля состояния железнодорожного пути в профиле и плане. Технические требования. — Утверждены МПС РФ 26 марта 1998 г.
2. Precise Rail Track Surveying. — Ralph Glaus, Gerard Peels, Urs Muller, Alain Geiger GPS WORLD // [www.gpsworld.com/gpsworld/Application+Challenge/Precise-Rail-Track-Surveying/ArticleLong/Article/detail/95320](http://www.gpsworld.com/gpsworld/Application+Challenge/Precise-Rail-Track-Surveying/ArticleLong/Article/detail/95320).

RESUME

The article presents an experience in measuring railways geometry using automated measuring systems equipped with electronic tacheometers and satellite GPS-receivers. There are given results of comparative testing for the efficiency and accuracy of the four automated track measuring cars. The tests were conducted in 2006 at the Moscow — St. Petersburg railway section.

**Новые тахеометры серии 1200+ и многое другое...**

**ГЕОМЕТР Центр**  
официальный дистрибьютор **Leica Geosystems**

тел./факс (495) 580-5816  
info@geometer-center.ru,  
www.geometer-center.ru

**подробности на нашем сайте!**